

Областной конкурс юных исследователей окружающей среды
«Сохраним нашу Землю голубой и зелёной»

Трансформация комплексов почвенных беспозвоночных под воздействием
пожаров в березовых лесах города Ишима

Автор: Гиблер Анна Евгеньевна,
Средняя общеобразовательная школа №7
г. Ишима Тюменской области, 10б класс

Научный руководитель:
Столбов Виталий Алексеевич,
кандидат биологических наук,
профессор кафедры зоологии и
эволюционной экологии животных ТюмГУ

г. Тюмень ,2022

Трансформация комплексов почвенных беспозвоночных под воздействием
пожаров в березовых лесах города Ишима

Гиблер Анна Евгеньевна,

Россия, Тюменская область, г. Ишим, МАОУ СОШ № 7, 10б класс

Оглавление

1. Аннотация	3
2. Научная статья	4
3. Введение	4
4. Обзор литературы	6
1.1. Лесные пожары в Тюменской области	6
1.2. Влияние низовых устойчивых пожаров на лесные экосистемы.....	7
5. Экспериментальная часть	7
2.1. I этап. Лесопатологическое обследование.....	7
2.2. II этап. Методика исследования	8
6. Результаты исследования.....	8
3.1. Видовой состав и численность герпетобионтов в изученных лесах.....	8
3.2. Результаты статистической обработки материала	10
3.3. Сезонная динамика герпетобионтов на изученных участках.....	12
3.4. Прогнозы по возобновлению сообществ герпетобионтов с течением времени.....	13
7. Выводы	14
8. План исследования	15
9. Список литературы	15
10. Приложение	16-24

Трансформация комплексов почвенных беспозвоночных под воздействием
пожаров в березовых лесах города Ишима
Гиблер Анна Евгеньевна,
Россия, Тюменская область, г. Ишим, МАОУ СОШ № 7, 10б класс

АННОТАЦИЯ

В работе дана оценка воздействия низовых пожаров разной интенсивности на видовой состав и численность почвенных беспозвоночных в березовых лесах в окрестностях города Ишима. В ходе работы установлено, что видовое богатство, разнообразие и численность герпетобионтов на участках в первые два года после пожара выше, чем в остальных за счёт того, что в биотоп заселяются виды с других территорий. Начиная с третьего года после пожара, начинают формироваться устойчивые сообщества герпетобионтов, их состав и структура приближается к контролю. При этом численность в контрольном участке ниже, видовой состав и структура отличаются от участков, поврежденных пожарами.

Ключевые слова: Пирогенный фактор, низовые пожары, герпетобионты, видовое богатство, разнообразие, почвенные насекомые.

Трансформация комплексов почвенных беспозвоночных под воздействием пожаров в березовых лесах города Ишима

Гиблер Анна Евгеньевна,

Россия, Тюменская область, г. Ишим, МАОУ СОШ № 7, 10б класс

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

Введение

Пирогенный фактор оказывает огромное и всестороннее воздействие на лесные экосистемы, вследствие которых происходит трансформация лесных комплексов, нарушается состав и структура леса, прерываются сложные взаимоотношения и связи между различными их элементами, формируются новые сообщества.

Гари притягивают большое количество почвенных насекомых, которые играют значительную роль в процессах после пожарной сукцессии. Герпетобионты очень разнообразная группа насекомых, среди которой имеются представители практически всех пищевых специализаций, известных в пределах класса насекомых. Они играют важнейшую роль в круговороте веществ в экосистемах. Актуальность изучения герпетобионтной мезофауны после лесных пожаров именно в березовых лесах объясняется малоизученностью темы. Большинство имеющихся работ посвящены изучению почвенных насекомых после лесных пожаров в хвойных лесах, в то же время, в западно-сибирской лесостепи лесной элемент представлен исключительно березовыми лесами. Сказанное выше и определило **цель работы**: Изучить закономерности восстановительной сукцессии фауны герпетобионтных насекомых в берёзовых лесах с разной давностью пожара в окрестностях города Ишима.

Задачи:

1. Изучить видовой состав и численность насекомых-герпетобионтов в лесах с разной давностью пожара.

2. Оценить видовое богатство и уровень фаунистического сходства почвенных насекомых на исследуемых площадках.

3. Выявить сезонную и межгодовую динамику сообществ герпетобионтов при восстановлении через неделю, год, три года и пять лет после пожара и в контроле.

4. Определить развитие хода послепожарных сукцессий в биогеоценозах с разной давностью пожара и дать прогноз по восстановлению сообществ герпетобионтов с течением времени.

Гипотеза: Мы предполагаем, что численность герпетобионтов в берёзовых лесах через пять лет после пожара приближается к до пожарному уровню.

Объект исследования – четыре участка березовых биоценозов.

Предмет исследования – герпетобионтные насекомые на исследуемых площадках.

Материалом для работы послужили образцы насекомых – герпетобионтов и наблюдения за ними в природе, проводимые в окрестностях г. Ишима в 2022 г. Всего за период исследования было отобрано и определено 6362 особи.

Определение насекомых проводили по определителю «Определитель насекомых Европейской части СССР»: В 5 т. / Под общ. ред. Чл.-кор. АН СССР Г. Я. Бей-Биенко, Москва; Ленинград: Наука

Актуальность изучения герпетобионтных насекомых после лесных пожаров

В настоящий момент до конца не изучен механизм восстановления лесных массивов после пожаров разной интенсивности и давности, из-за чего остаётся открытым вопрос о формировании новых сообществ герпетобионтов под воздействием пирогенного фактора. Влияние пожаров на лесные биогеоценозы характеризуется сукцессионным периодом, в ходе которого происходит смена одного биологического сообщества другим. Данный механизм может поспособствовать смене доминантных насекомых в лесных экосистемах.

С помощью меры относительного обилия можно узнать степень распространения того или иного вида по сравнению с другими видами. По этому фактору можно выявить многолетнюю динамику роста или спада обилия определённого вида и судить о влиянии пирогенного фактора на степень распространённости герпетобионтов с течением времени. Так редкий вид может распространиться в области, в которой не встречался, или его численность может существенно увеличиться, равно, как может происходить снижение численности ранее обычных в данном биоценозе видов вплоть до их полного исчезновения.

Практическая значимость

Результаты, полученные в процессе нашего исследования, могут быть использованы в учебной и научной работе, для биоиндикации и биомониторинга почвенных процессов после пожаров разной давности, а так же лесозащитными службами нашего города. Работа содержит оригинальный материал, уточняющий представления о закономерности восстановления фауны почвенных насекомых в берёзовых лесах с разной давностью пожара в окрестностях города Ишима. Результаты работы могут использоваться для сравнения при изучении фауны сопредельных территорий. Полученные данные о распространении редких насекомых войдут в очередное издание Красной книги Тюменской области.

Обзор литературы

Имеющиеся в литературе данные по влиянию пирогенного фактора на почвенных насекомых часто противоречивы и зависят от степени пожара, максимальных температур, от типа почвы и глубины прогорания, продолжительности воздействия огня на почву, от типа леса и других факторов. В своих работах авторы указывают на деструктивные после пожарные эффекты, которые меняют плотность почвенной фауны и видовое разнообразие герпетобионтов, подчеркивая их уязвимость и тесную взаимосвязь с окружающим миром. В основном все исследования проводились учеными в хвойных лесах [1,2,3,4,5,7,8].

В данный момент особого внимания заслуживают научные исследования доктора биологических наук Константина Брониславовича Гонгальского, который в своем научном труде описал закономерности восстановления сообществ почвенных насекомых после лесных пожаров в сосновых лесах [3,4].

В 2021 году А. П. Гераськиной с соавторами в журнале «Вопросы лесной науки» [2], опубликовано исследование, в результате которого исследователи пришли к выводу, что большинство «положительных» эффектов пожаров на биоразнообразии сводится к возникновению мозаичности, прорывов в пологом лесу после пожара.

Большого внимания заслуживают научные работы Е.Н. Краснощековой, которая доказала, что лесные пожары приводят к гибели большинства почвенных животных, однако благодаря неоднородности почвенного покрова на участках, слабо затронутых огнем, некоторые герпетобионты способны переживать пожары. Наряду с обитателями глубоких слоев почвы они первыми заселяют гари [1,5].

1.1. Лесные пожары в Тюменской области

По данным системы мониторинга Рослесхоза, с начала 2022 года лесные пожары охватили площадь более 3,8 млн. га. Общая площадь лесных пожаров в России в этом году почти в три раза меньше, чем в прошлом, в конце которого стихия установила антирекорд — выгорело почти 19 млн. га. (*Приложение I. Рис. 1*).

Частому возникновению лесных пожаров в Тюменской области способствуют природно-климатические условия, а именно повышение среднегодовой температуры воздуха, которая наблюдается в последние десятилетия, а так же дефицит дождей, большое количество сухой травы, понижение уровня грунтовых вод, малое количество влаги, накопившейся в зимний период и, в первую очередь, антропогенный фактор.

По официальной статистике «Тюменской базы авиационной и наземной охраны лесов» с 15 апреля по 30 августа 2022 года зафиксировано 230 лесных пожаров на площади 17867 га; в 2021 было 602 лесных пожара на площади 138 586,36 га; в 2020 году было 213 лесных пожаров на площади 1 312,49 га; в 2019 году 115 лесных пожаров на площади 1 598,13га (*Приложение I*, Рис. 2,3).

1.2. Влияние низовых устойчивых пожаров на лесные экосистемы

В связи с глобальными климатическими изменениями количество лесных пожаров увеличивается по всему миру. Данное событие приводит к потере биологического биоразнообразия и значительному обеднению лесных экосистем [11]. Из-за пожаров гибнут звери, птицы, разрушается многолетняя структура почвы, снижается экологическая ёмкость ландшафтов, происходит уменьшение растительной биомассы [7]. Выгорание лесных территорий в огромных масштабах способствует радикальному изменению биогеоценозов. Особенно губительными для леса являются низовые устойчивые пожары [6].

При низовом устойчивом пожаре сильно повреждается корневая система деревьев, что приводит к их усыханию и гибели, полностью сгорает подстилка и напочвенный покров. Процент восстановления леса после низового устойчивого пожара очень мал, поскольку большое количество древостоя погибает, а почвенному покрову, которой является возобновляемым ресурсом, для восстановления требуются десятки и сотни лет [10].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. I этап. Лесопатологическое обследование

На пяти участках леса в окрестностях города Ишим, мы заложили пробные площади по 100 деревьев на каждой, находящиеся в 8-15 км друг от друга. Все площадки расположены на участках после низовых устойчивых пожаров разного возраста в березовых лесах.

На первом этапе нами было проведено лесопатологическое обследование, в ходе которого мы посетили все выбранные участки леса и обследовали пробные площади.

Первый участок после низового устойчивого пожара, который прошел в начале июня 2022 года. Высота нагара на деревьях до 1-2,5 метров, прогорел напочвенный покров и верхний слой подстилки, подрост и подлесок сгорели полностью. В течение двух недель после пожара почва была горячая (*Приложение II*. Рис. 1).

Второй участок после пожара, который прошел в мае 2021 года. После пожара второй участок леса был, идентичен первому, спустя год произошли некоторые изменения. Появился подрост, представленный осинкой (*Populus tremula*), две трети деревьев сильно

повреждены дятлами, на деревьях содрана кора и рядом горы щепок (*Приложение II. Рис. 2*).

Третий участок расположен, а в лесу после пожара в 2019 году. Возраст пожара указан специалистами Ишимского лесничества. На участке выражен ветровал, 30 % деревьев погибли, хорошо развит травяной ярус, представленный осокой (*Cyperaceae*), (*Приложение II. Рис. 3*).

Четвертый лес после пожара, который произошел пять лет назад в мае 2017 года. На участке выражен очень густой подрост осины обыкновенной (*Pópulus trémula*), много деревьев повреждено дятлами, присутствует ветровал и бурелом (*Приложение II. Рис. 4*).

Пятый участок леса - контрольный, хороший, здоровый березовый лес с подлеском, не затронутый пожарами.

2.2. II этап. Методика исследования

Сборы насекомых проводили с использованием почвенных ловушек. На каждой пробной площади мы установили по 10 ловушек. Проверку и сбор материала проводили через каждые три дня с 25 мая по 30 августа 2022 года. Собранных насекомых замаривали в морилке, после чего помещали на ватные матрасики и расправляли на энтомологических иголках. Живых насекомых, таких как землерои, листоеды, некоторые виды жужелиц, которые попадались в большом количестве, отсаживали в отдельные банки и выпускали в 10 км от исследуемых участков. Всего за период исследования было поймано и определено 6362 особи. Определение насекомых проводили по определителю насекомых Европейской части СССР под ред. Г. Я. Бей-Биенко [9]. Для статистического анализа почвенных насекомых рассчитывались значения следующих показателей: индекс биоразнообразия Шеннона (Hs) и индекс доминирования Симпсона (D), для определения попарного сходства между сообществами герпетобионтных насекомых использовали индекс Шеннона и Брей-Кертиса, характеризующий степень различия (или сходства). Расчет статистических данных осуществляли в программах Past 3 и VIRTUE-S.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Видовой состав и численность герпетобионтов в изученных лесах

В процессе исследования в лесу с пожаром, который прошёл в 2022 году, было собрано и определено 1467 экземпляра герпетобионтных членистоногих, относящихся к 3 отрядам, 18 семействам и 41 видам (*Приложение II, таблица 1*). 94% почвенных насекомых относились к отряду Жесткокрылые (*Coleoptera*).

Самым многочисленным семейством по числу видов были жужелицы (Carabidae), представленные 15 видами. На втором месте расположились семейство усачей (Cerambycidae с 6 видами, и мертвоедов, (Silphidae), к которому относилось 5 видов насекомых,

По численности доминировали также жесткокрылые, среди них наиболее массовыми видами были *Geotrupes stercorosus*, *Pterostichus niger*, *Nicrophorus vespilloides*. Единичными экземплярами представлены *Amara similata*, *Melanotus brunnipes* и *Ampedus sanguineus*.

На втором обследованном участке после пожара, который прошёл в мае 2021 года, было собрано и определено 3248 особи почвенных насекомых, принадлежащие к трем отрядам, 16 семействам, 59 видам.

89% герпетобионтов относились к отряду Жесткокрылые (Coleoptera), доминировал листоед тополёвый (*Chrysomela populi*), на долю которого приходилось 32% от общей численности герпетобионтов. Одиннадцать видов герпетобионтов являются единичными экземплярами. Остальные 11% почвенных насекомых относились к отрядам Полужесткокрылые (Hemiptera) и Перепончатокрылые (Hymenoptera).

На этой площади нами обнаружен редкий вид плоскотелка красная (*Cisicijus cinnaberinus*) (Приложение II. Рис.6), внесенная в Красный список Международного союза охраны природы, охраняется Бернской конвенцией. Данный вид, встреченный нами в количестве 7 особей, является первой находкой в регионе и рекомендован к внесению в Красную книгу Тюменской области. Также, на этой площади отмечен в количестве 2 экземпляров редкий вид красотел пахучий (*Calosoma sycophanta*), внесенный в Красную книгу России и Тюменской области (Приложение II. Рис. 7).

На третьей площади после пожара, который прошел три года назад, было отловлено и определено 661 особь, относящаяся к трем отрядам, 14 семействам, 32 видам. 35% герпетобионтов относились к семейству Жужелицы (Carabidae) которое было представлено 9 видами. По количеству особей преобладал *Geotrupes stercorosus*, численность которого составляла 82 экземпляра, что говорит об отсутствии явно выраженных доминантов на данном участке.

На четвертом участке после лесного пожара, который прошел пять лет назад в 2017 году, нами отловлено 248 экземпляр насекомых, принадлежащих к двум отрядам, 10 семействам, 23 видам. 65 % герпетобионтов относятся к отряду Жесткокрылые (Coleoptera), оставшиеся 35% относятся к отряду Перепончатокрылые (Hymenoptera). По численности преобладал бурый лесной муравей (*Formica fusca*), численность которого составляет 82 экземпляра, явные доминанты на данном участке также отсутствовали.

На контрольном участке нами отловлено 738 экземпляров герпетобионтных насекомых, относящихся к трем отрядам, 13 семействам, 37 видам, доминирующим видом был Бурый лесной муравей (*Formica fusca*).

Таким образом, наибольшие показатели числа видов и численности герпетобионтов отмечены на участках, недавно пострадавших от пожаров 2022 и 2021 годов (Приложение II, рис. 8,9). На участках, на которых пожары прошли 3 и более лет назад, численность герпетобионтов была значительно ниже. Это связано с тем, что после пожара участок является доступным для насекомых с соседних территорий, которых начинают колонизировать его, не встречая сопротивления от местных видов, уничтоженных пожаром. На участках с давно прошедшими пожарами начинают формироваться устойчивые сообщества, и видовое богатство и численность герпетобионтов падает в результате установления прочных связей и появления постоянных видов которые контролируют численность герпетобионтов (в частности, муравьев).

3.2. Результаты статистической обработки материала

Индекс Шеннона показывает степень разнообразия и выравненность сообщества. То есть, чем больше в сообществе видов и чем меньше различается их численность, тем будет выше показатель индекса Шеннона [4]. Наибольшие показатели индекса Шеннона (3,1) отмечены на участке после низового устойчивого пожара, который прошёл в 2022 году. Данный показатель говорит о высоком биоразнообразии видов в данном лесном сообществе. Это объясняется тем, что после устойчивых пожаров освободившуюся повреждённую территорию, в которой ослаблены ценотические связи, колонизируют многочисленные разнообразные насекомые из соседних биотопов. Сукцессионный период продолжается все месяцы лета (Приложение II, Рис. 10).

На второй пробной площади после пожара в 2021 году значение коэффициента также было высоким (2,8), что является хорошим показателем биоразнообразия, но необходимо отметить частичную нарушенность биоценотических связей в лесу и снижение сукцессионных процессов.

Показатели, отмеченные на третьей площадке после пожара 2019 года (3) наиболее сходны с результатом первой пробой площади. Биотоп после пожара трехгодичной давности отличается высоким разнообразием герпетобионтного сообщества.

Коэффициент индекса Шеннона в участке с пожаром пятилетней давности был самым низким (2,6) на всех исследованных площадках. Тем не менее, этот показатель является высоким и отражает высокое биоразнообразие. Значение индекса на контрольном участке (2,7) лишь на 0,1 больше, чем на участке после пожара 2017 года. Такое значение

коэффициента Шеннона объясняется устоявшимися связями в лесу. Массовое количество муравьев контролируют численность других насекомых, не давая заселиться новым видам (Приложение II, Рис.10). Таким образом, показатели индекса Шеннона в лесу с пожаром пятилетней давности и контрольном участке были очень близки, и значительно отличались от таковых в лесах с недавно прошедшими пожарами, что говорит о восстановлении герпетобионтной фауны после пожара, прошедшего 5 лет назад.

Индекс Симпсона является мерой доминирования, очень чувствительной к присутствию наиболее доминантных видов, но слабо зависящей от видового богатства. Чем сильнее выражено доминирование в сообществе какого-либо вида (видов), тем выше значение индекса Симпсона. При вычислении индекса, можно видеть, что коэффициент (0,04) в лесу после пожара 2022 года является самым низким, это говорит о неравномерном отношении числа видов к их количеству. В основном численность герпетобионтов варьировалась в пределах 20-40 экземпляров, но так же на участке присутствовали явные доминанты, такие как *Geotrupes stercorosus*, *Pterostichus niger*, *Nicrophorus vespilloides*, *Carabus marginalis* (Приложение II, Рис. 11).

На втором участке после низового устойчивого пожара 2021 года коэффициент (0,1) был одним из высоких. Такой же коэффициент можно наблюдать на контрольном участке. Доминантом после пожара 2021 года был листоед *Chrysomela populi*, питающийся на листьях и побегах осины. Данный вид не является герпетобионтным и попадал в ловушки случайно, но из-за своей высокой численности, вошел в число доминантов. В контрольном участке доминировал *Formica fusca*, который является одним из видов муравьев. Преобладание муравьев на контрольном участке можно объяснить устоявшимися биологическими связями лесной экосистемы, а доминирование вредителей на участке после пожара 2021 года – массовым развитием поросли осины, на которой питается этот жук.

Результат на участке после низового устойчивого пожара 2019 года (0,07) является не столь высоким по сравнению с другими коэффициентами, что является наиболее благоприятным. В лесу присутствуют доминанты, активно населяющие лес.

Значение индекса Симпсона на участке после пожара 2017 года (0,2) является самым высоким, что обусловлено доминированием муравья *Formica fusca*, (Приложение II, Рис. 11). Таким образом, индекс доминирования различался на участках с разным возрастом пожара, и не показывает четкой тенденции сукцессии. Это связано с различными факторами, такими, как попадание массовых случайных видов в ловушки, и успехом колонизации поврежденного леса каким-либо случайным видом.

Также, нами было рассчитано сходство фауны герпетобионтов на исследуемых участках. Для этого использовали индекс Жаккара. Мера Жаккара – это коэффициент, предназначенный для оценки сходства разнообразия из двух выборок, значение индекса от 0 до 1. Чем ближе коэффициент к 0, тем меньше схожи фауны выбранных участков. Если же значение ближе к 1, то сходство сравниваемых участков наиболее высокое [10]. (Приложение II, Табл. 2).

При сравнении участков с пожарами разной давности, видно, что значения коэффициента фаунистического сходства почти всех участков высоки (выше 0,5, за исключением 2 и 4 участков).

Так как все исследованные биотопы находятся на относительно небольшом расстоянии друг от друга и схожи между собой, такие высокие показатели индекса фаунистического сходства могут говорить о том, что поврежденные после пожара участки заселяются видами из соседних ненарушенных участков, что делает видовой состав соседних участков схожими.

Для подтверждения этого нами был рассчитан коэффициент Брея-Кёртиса (Прил. 2, рис. 12). Данный индекс сходен с индексом Жаккара, однако он учитывает не только видовой состав, но и численность. Как показывает этот индекс, сходство участков так же было высоким, при этом сходство участков снижалось в соответствии с годом пожара: наиболее схожими были участки 1 и 2, и наиболее отличался от остальных контрольный участок (ниже 50%).

3.3. Сезонная динамика герпетобионтов на изученных участках

Для изучения сезонной динамики герпетобионтов проводили наблюдения и сборы в течение всего периода исследования с 25 мая по 30 августа 2022 года.

На первом участке после пожара 2022 активность герпетобионтов в конце мая и начале июня варьировалась в пределах 47 - 67 особей в неделю. Со второй недели июня численность насекомых резко увеличилась в два раза. Массовый лет был отмечен с 10 июля, в это время численность герпетобионтов превышала 200 особей в неделю, в августе сезонная динамика пошла на спад.

На втором участке после лесного пожара в 2021 году, график динамики численности герпетобионтов представляет собой ломаную кривую с несколькими пиками.

С 24 мая в ловушки попались более 200 особей за неделю, с 9 июня численность возросла до 336 особей, а со середины июня резко упала в два раза. С конца июня и до середины августа количество насекомых колебалось в пределах 300 экземплярах, и только в конце августа сезонная активность пошла на спад.

На третьем участке после пожара в 2019 году с конца мая и до конца июня численность почвенных насекомых в ловушках была в пределах 37-44 особей в неделю. В начале июля количество особей немного выросло до 89, но уже со следящей недели и до конца августа опять стабилизировалось до 50-60 насекомых в неделю.

На четвертом участке после пожара 2017 года на протяжении всего исследования сезонная динамика была плавная, резких скачков не наблюдалось. Численность за неделю не превышала 34 экземпляров.

На контрольном участке сезонная динамика была равномерная, с конца мая и до середины июня количество насекомых в ловушках было 31-48 особей, с конца июня и до конца августа численность насекомых слегка выросла и варьировалась с 60-80 экземпляров в неделю. (*Приложение II*, Рис. 13).

На участке с пожаром 2021 года мы отлавливали герпетобионтов на протяжении двух лет: в 2021 году, сразу после пожара, и в 2022 году, спустя год после пожара (Прил. 2, табл. 3). Как видно из таблицы, численность на следующий год после пожара выросла в 8 раз, в 5,5 раз увеличилось число видов, вдвое увеличился индекс Шеннона, что является положительным результатом. Нарушенный биоценоз постоянно заселяется насекомыми из соседних участков, что приводит к повышению численности в первые годы после пожаров. Однако, это может быть связано с климатическими особенностями 2022 года, благоприятными для высокой численности герпетобионтов на всех территориях. Сообщества на участках первых двух лет после пожара являются пионерными, они не устойчивы, что показывают многочисленные пики в сезонной динамике, связанные, вероятно, с постоянным заселением этих участков новыми насекомыми с соседних территорий. Показатели сезонной динамики в участках с пожарами, прошедшими три и более лет назад схожи с контролем, что вероятно говорит о начале формирования в них устойчивых сообществ.

3.4. Прогнозы по возобновлению сообществ герпетобионтов с течением времени

Восстановление сообществ герпетобионтных насекомых проходит в течение нескольких лет. Следует подчеркнуть, что повышение численности и разнообразия герпетобионтов на горях носит кратковременный характер, в первый и второй год после лесного пожара можно заметить высокое обилие насекомых, но это связано с заселением нарушенных участков насекомыми с соседних территорий. Эта сукцессия длится все три месяца лета, что подтверждается многочисленными пиками в сезонной динамике. При этом видовой состав герпетобионтов постоянно меняется.

Видовой состав, численность и структура герпетобионтов в лесах с трех- и пятилетним пожаром схожи друг с другом и с контролем. Можно сделать вывод, что с третьего года после пожара, начинают формироваться постоянные сообщества герпетобионтов, в которых появляются типичные для ненарушенных участков виды доминантов (муравьи). Однако говорить о полном восстановлении лесов не приходится: как видно из лесопатологического обследования поврежденные деревья погибают, что приводит к смене наземных сообществ, которые влияют и на герпетобионтов. Таким образом, восстановительная сукцессия будет продолжаться еще длительное время.

ВЫВОДЫ:

1. В ходе исследований было собрано и определено 6362 экземпляра, относящихся к 3 отрядам, 17 семействам и 69 видам насекомых. Отмечены редкие виды жуков - *Calosoma sycophanta*, *Cucujus cinnaberinus*., занесённые в Красную Книгу Тюменской области, России и Европейский Красный список.
2. В первые два года после пожара отмечены наибольшие показатели числа видов, численности и видового богатства герпетобионтов. Начиная с третьего года, эти показатели снижаются.
3. Фаунистическое сходство между всеми участками было высоким, что вероятно связано с близостью исследуемых участков, высокой миграционной активностью герпетобионтов и отсутствием преград между участками для расселения насекомых, при этом наиболее схожими были два первых участка, и наиболее сильно отличался от остальных участков контроль.
4. В сезонной динамике в первые два года можно наблюдать много пиков, что, вероятно, связано с постоянным заселением нарушенных биотопов насекомыми из соседних участков. Сезонная динамика через три и пять лет после пожара схожа с контролем, в ней отсутствуют ярко выраженные пики численности.
5. В первые два года после пожаров фауна герпетобионтов наиболее разнородна, происходит первичная колонизация нарушенных участков. С третьего года после пожаров, начинается формирование устойчивых сообществ, однако даже через пять лет после пожара они не являются окончательно сформированными, сукцессия продолжается.

ПЛАН ИССЛЕДОВАНИЯ

№ п/п	Вид работы	Сроки
1	Изучить научную литературу, познакомиться с биологическими свойствами насекомых герпетобионтов	15 апреля – 30 апреля 2022 г.
2	Провести учет герпетобионтных насекомых на исследуемых участках	1 июня – 21 августа 2022г.
3	Определить видовой состав собранного материала	20 июля – 30 августа 2022 г.
4	Обработка статистических данных	5 июля – 15 августа 2022г.
5	Подведение общих выводов по теме, оформление работы	25 августа – 1 сентября 2022г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безкарвайная И.Н., Краснощекова Е.Н., Иванова Г.А., 2007. Трансформация комплексов почвенных беспозвоночных при низовых пожарах разной интенсивности // Изв. РАН. Сер. Биол. № 5. С. 608-646.
2. Гонгальский К. Б. Лесные пожары и почвенная фауна. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 169 с.
3. Гонгальский К. Б. Лесные пожары как фактор формирования сообществ почвенных животных / К. Б. Гонгальский // Журнал общей биологии. – 2006. – Т. 67(2). – С. 115–139.
4. Краснощекова, Е. Н. Изучение пирогенного влияния на почвенное население сосновых лесов / Е. Н. Краснощекова, И.Н. Безкарвайная, П.А. Тарасов // Молодежь и наука - третье тысячелетие: Сборник материалов. - Красноярск. - 2003. - с. 328 - 332.
5. Куприянов А.Н., Трофимов И.Т., Заблоцкий В.И., Макарычев С.В., Кудряшова И.В., Баранник Л.П., 2003. Восстановление лесных экосистем после пожаров. Кемерово: Ирбис. 140-268 с.
6. Мордкович В. Г., Березина О. Г. Влияние пожара на население педобионтов березово-осинового колка южной лесостепи Западной Сибири // Евразийский энтомологический журнал. 2009. Т. 8. С. 279–283.
7. Немкова В.А. Влияние пирогенного фактора на фауну беспозвоночных степи / А.В. Немков, Е.В. Сапига // Проблемы изучения и охраны биоразнообразия и природных ландшафтов Европы: материалы международного симпозиума. - Пенза, 2001 - С. 189-191
8. Определитель насекомых Европейской части СССР [Текст] : В 5 т. / Под общ. ред. чл.-кор. АН СССР Г. Я. Бей-Биенко \$d Москва; Ленинград : Наука, 1964
9. Потапова Н. А. Население жуужелиц на восстанавливающихся горях / Проблемы почвенной зоологии. Тез. докл VIII Всесоюз. совещ. Кн. 2. Ашхабад, 1984. С. 60–65.
10. Потапова Н. А. Почвенные беспозвоночные (мезофауна) — 20 лет наблюдений в Окском заповеднике / Мониторинг сообществ на горях и управление пожарами в заповедниках. М.: ВНИИПрирода, 2002. С. 57–65.
11. Рубцова, З.И. Влияние лесных пожаров на динамику численности и структуру комплексов почвообитающих беспозвоночных / З.И. Рубцова // Фауна и экология беспозвоночных животных. М., 1984. - 190 с.

Приложение I. Иллюстрации к обзору литературы.



Рис. 1. Статистика по площади, поврежденной лесными пожарами в России с 2000 по 2022 год (в миллионах гектаров).



Рис. 2. Статистика по количеству лесных пожаров в Тюменской области за четыре года.



Рис. 3. Статистика по площади лесных пожаров в Тюменской области за четыре года.

Приложение II. Экспериментальная часть работы



Рис. 1. Участок после пожара в 2022 году.



Рис. 2. Участок после пожара в 2021 году.



Рис. 3. Участок после пожара в 2019 году.



Рис. 4. Участок после пожара в 2017 году.



Рис. 5. Листоед тополёвый (*Chrysomela populi*).



Рис. 6. Плоскотелка красная (*Cisjus cinnaberinus*).



Рис. 7. Красотел пахучий (*Calosoma sycophanta*).

Таблица 1. Видовой состав и численность герпетобионтных насекомых на изученных участках.

Отряд	Семейство	Вид	1 2022	2 2021	3 2019	4 2017	5 контр
Жесткокрылые (Coleoptera)	Блестянки (Nitidulidae)	1. <i>Glischrochilus hortensis</i>	27	32	18	13	16
		Долгоносики (Curculionidae)	2. <i>Magdalis ruficornis</i>		4		
	3. <i>Polydrusus formosus</i>		1	7	3		1
	4. <i>Polydrusus cervinus</i>		3	12	6		5
	Жужелицы (Carabidae)	5. <i>Amara aenea</i>	2	5			2
		6. <i>Amara apricaria</i>	4	12	5	3	7
		7. <i>Amara similata</i>	1	2			
		8. <i>Amara fulva</i>		1			
		9. <i>Carabus glabratus</i>	105	163	61	13	25
		10. <i>Carabas granulatus</i>	64	78	37		17
		11. <i>Carabus marginalis</i>	124	168	25	21	33
		12. <i>Carabus cancellatus</i>	78	99	27	9	26
		13. <i>Carabus violaceus</i>	1	5			
		14. <i>Calosoma sycophanta</i>		2			
		15. <i>Harpalus rufipes</i>	3	2			
		16. <i>Poecilus cupreus</i>	11	6		2	4
		17. <i>Pterostichus oblongopunctatus</i>	47	52	19	7	18
		18. <i>Pterostichus melanarius</i>	121	89	26	6	9
		19. <i>Poecilus versicolor</i>	12	8	2		
		20. <i>Pterostichus niger</i>	138	189	36	11	19
		Землерои (Geotrupidae)	21. <i>Geotrupes stercorosus</i>	205	323	82	15
	Златки (Buprestidae)	22. <i>Agrilus betuleti</i>		18	2		
	Краснокрылы (Lycidae)	23. <i>Lygistopterus sanguineus</i>		1			
	Листоеды (Chrysomelidae)	24. <i>Chrysolina herbacea</i>		1			
		25. <i>Lilioceris lili</i>		1			
		26. <i>Chrysomela populi</i>	38	1037	5		18
	Мертвоеды (Silphidae)	27. <i>Silpha carinata</i>	36	52	26	5	14
		28. <i>Oiceoptoma thoracicum</i>	12	24	9	6	2
		29. <i>Nicrophorus vespilloides</i>	129	131	43	17	32
		30. <i>Nicrophorus investigator</i>	55	45	12	14	
		31. <i>Nicrophorus vespillo</i>	87	61	34	16	27
	Плоскотелки (Cucujidae)	32. <i>Cucujus cinnaberinus</i>		7			
		33. <i>Onthophagus nuchicornis</i>		2			
		34. <i>Protaetia cuprea</i>		14			
		35. <i>Cetonia aurata</i>		1			
	Стафилиниды (Staphylinidae)	36. <i>Ontholestes cingulatus</i>		1			
		37. <i>Platydracus stercorarius</i>	2	7			1
		38. <i>Philonthus decorus</i>	2	7	1		2
		39. <i>Staphylinus erythropterus</i>	12	36	8	2	5
	Узконадкрылки (Oedemeridae)	40. <i>Oedemera lurida</i>		1			
		41. <i>Brachyta interrogationis</i>		1			
		42. <i>Cyrtoclytus capra</i>	2	13	6		2
		43. <i>Macroleptura thoracica</i>	5	3	1		

	Усачи (<i>Cerambycidae</i>)	44. <i>Leptura quadripasciata</i>	16	18	4	1	
		45. <i>Lepturalia nigripes</i>	12	23	4		3
		46. <i>Monochamus galloprovincialis</i>	4	1			
		47. <i>Saperda perforata</i>		1			
		48. <i>Xylotrechus rusticus</i>	2	39			1
	Щелкуны (<i>Elateridae</i>)	49. <i>Melanotus brunnipes</i>	1	2			3
		50. <i>Selatosomus aeneus</i>	11	4	2	1	1
		51. <i>Melanotus villosus</i>		1			1
		52. <i>Ampedus sanguineus</i>	1				
	Чернотелки (<i>Tenebrionidae</i>)	53. <i>Prosternon tessellatum</i>	19	21	8	5	3
54. <i>Upis ceramboides</i>		13	32	8	1	2	
55. <i>Lagria hirta</i>		2	3		1		
2.Полужесткокрылые (<i>Hemiptera</i>)	Клопы (<i>Heteroptera</i>)	56. <i>Aradus betulae</i>		14			
		57. <i>Elasmucha grisea</i>		3			2
		58. <i>Palomena prasina</i>		34	3		6
		59. <i>Rhyparochromus vulgaris</i>					8
		60. <i>Rhyparochromus pini</i>					3
3.Перепончатокрылые (<i>Hymenoptera</i>)	Муравьи (<i>Formicidae</i>)	61. <i>Myrmica rubra</i>		114			
		62. <i>Camponotus herculeanus</i>					81
		63. <i>Formica rufa</i>		149		14	73
		64. <i>Formica rufibarbis</i>	49		37		
		65. <i>Formica fusca</i>	37	66	101	78	240
Число видов		41	60	32	23	36	
Σ		1467	3248	661	248	738	
Индекс Шенона		3,1	2,8	3	2,6	2,7	
Индекс Симпсона		0,04	0,1	0,07	0,2	0,1	

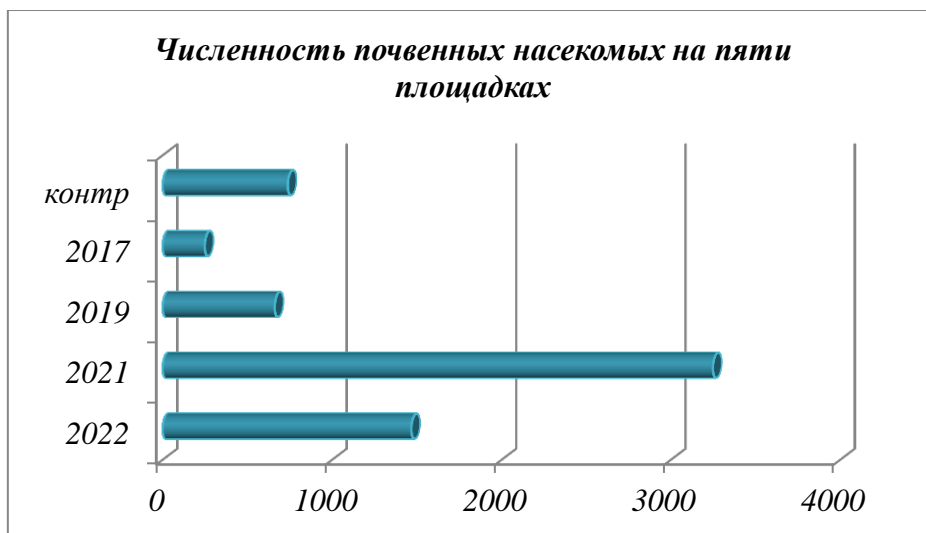


Рис. 8. Численность почвенных насекомых на пяти площадках.

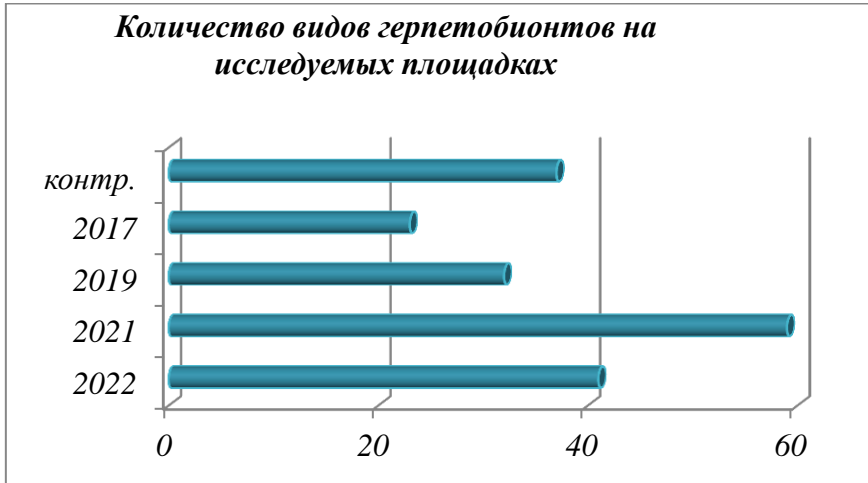


Рис. 9. Количество видов герпетобионтных насекомых на трех площадках.

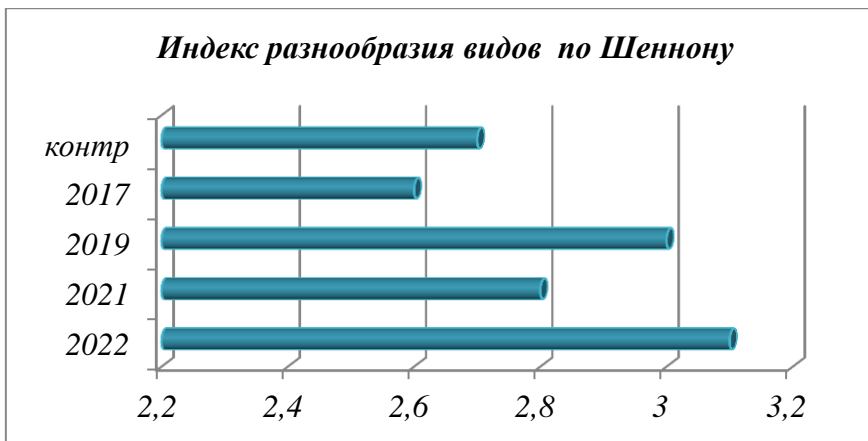


Рис. 10. Индекс разнообразия видов на пяти площадках.

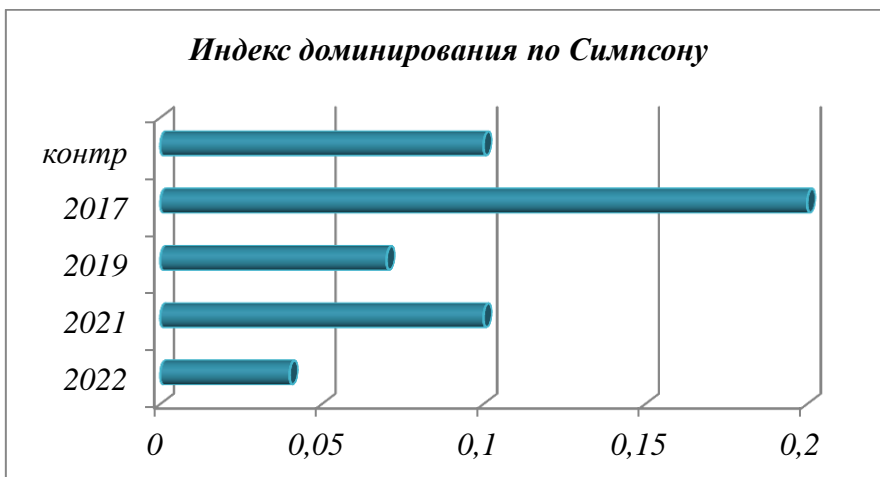


Рис. 11. Индекс доминирования на пяти площадках.

Таблица 2. Результаты попарного сравнения коэффициента Жаккара для исследованных участков

	2022	2021	2019	2017	Контроль
2022	x	0,6	0,7	0,5	0,7
2021		x	0,5	0,4	0,5
2019			x	0,5	0,6
2017				x	0,5
Контроль					x

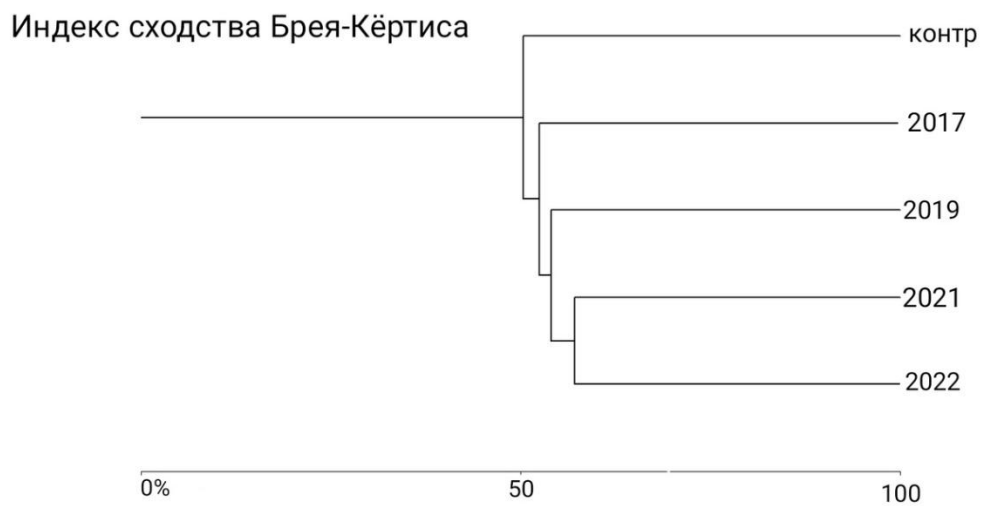


Рис. 12. Индекс сходства изученных биотопов с использованием коэффициента Брея-Кёртиса

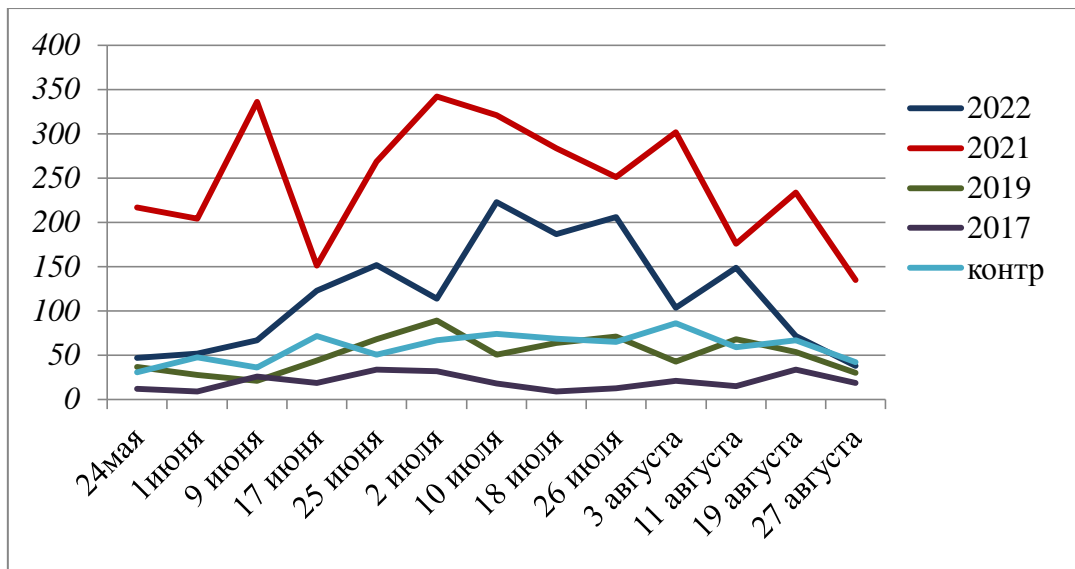


Рис. 13. Сезонная динамика численности герпетобионтов на пяти участках

Таблица 3. Межгодовая динамика численности герпетобионтов на участке после пожара 2021 года.

Отряд	Семейство	Вид	2021	Год после пожара
Жесткокрылые (Coleoptera)	Блестянки (Nitidulidae)	1. <i>Glischrochilus hortensis</i>	167	32
	Долгоносики (Curculionidae)	2. <i>Magdalis ruficornis</i>		4
		3. <i>Polydrusus formosus</i>		7
		4. <i>Polydrusus cervinus</i>		12
	Жужелицы (Carabidae)	5. <i>Amara aenea</i>		5
		6. <i>Amara apricaria</i>		12
		7. <i>Amara similata</i>		2
		8. <i>Amara fulva</i>		1
		9. <i>Carabus glabratus</i>	101	163
		10. <i>Carabus granulatus</i>		78
		11. <i>Carabus marginalis</i>	27	168
		12. <i>Carabus cancellatus</i>	34	99
		13. <i>Carabus violaceus</i>		5
		14. <i>Calosoma sycophanta</i>		2
		15. <i>Harpalus rufipes</i>		2
		16. <i>Poecilus cupreus</i>		6
		17. <i>Pterostichus oblongopunctatus</i>		52
		18. <i>Pterostichus melanarius</i>		89
		19. <i>Poecilus versicolor</i>		8
		20. <i>Pterostichus niger</i>		189
	Землерои (Geotrupidae)	21. <i>Geotrupes stercorosus</i>	912	323
	Златки (Buprestidae)	22. <i>Agrilus betuleti</i>		18
	Краснокрылы (Lycidae)	23. <i>Lygistopterus sanguineus</i>		1
	Листоеды (Chrysomelidae)	24. <i>Chrysolina herbacea</i>		1
		25. <i>Lilioceris lili</i>		1
		26. <i>Chrysomela populi</i>	31	1037
	Мертвоеды (Silphidae)	27. <i>Silpha carinata</i>	6	52
		28. <i>Oiceoptoma thoracicum</i>		24
		29. <i>Nicrophorus vespilloides</i>	24	131
		30. <i>Nicrophorus investigator</i>		45
		31. <i>Nicrophorus vespillo</i>	62	61
	Плоскотелки (Cicujidae)	32. <i>Cicujus cinnaberinus Scop.</i>		7
		33. <i>(Onthophagus nuchicornis)</i>		2
		34. <i>Protaetia cuprea</i>		14
	Стафилиниды (Staphylinidae)	35. <i>Cetonia aurata</i>		1
		36. <i>Ontholestes cingulatus</i>		1
		37. <i>Platydracus stercorarius</i>		7
		38. <i>Philonthus decorus</i>		7
	Узконадкрылки (Oedemeridae)	39. <i>Staphylinus erythropterus</i>		36
		40. <i>Oedemera lurida</i>		1
		41. <i>Brachyta interrogationis</i>		1
		42. <i>Cyrtoclytus capra</i>		13
		43. <i>Macroleptura thoracica</i>		3

	Усачи (<i>Cerambycidae</i>)	44. <i>Leptura quadriphasciata</i>	3	18
		45. <i>Lepturalia nigripes</i>		23
		46. <i>Monochamus galloprovincialis</i>		1
		47. <i>Saperda perforata</i>		1
		48. <i>Xylotrechus rusticus</i>		39
	Щелкуны (<i>Elateridae</i>)	49. <i>Melanotus brunnipes</i>		2
		50. <i>Selatosomus aeneus</i>		4
		51. <i>Melanotus villosus</i>		1
		52. <i>Prosternon tessellatum</i>		21
	Чернотелки (<i>Tenebrionidae</i>)	53. <i>Upis ceramboides</i>		32
54. <i>Lagria hirta</i>			3	
2.Полужесткокрыле (<i>Hemiptera</i>)	Клопы (<i>Heteroptera</i>)	55. <i>Aradus betulae</i>		14
		56. <i>Elasmucha grisea</i>		3
		57. <i>Palomena prasina</i>		34
3.Перепончатокрыле (<i>Hymenoptera</i>)	Муравьи (<i>Formicidae</i>)	58. <i>Myrmica rubra</i>	24	114
		59. <i>Formica rufa</i>		149
		60. <i>Formica fusca</i>		66
Число видов			11	60
Σ			391	3248
Индекс Шенона			1,3	2,8
Индекс Симпсона			0,03	0,1